



TITLE:

## 研究室紹介

AUTHOR(S):

---

CITATION:

研究室紹介. Cue 2007, 18: 17-34

ISSUE DATE:

2007-06

URL:

<https://doi.org/10.14989/57922>

RIGHT:

## 研究室紹介

このページでは、電気関係研究室の研究内容を少しずつシリーズで紹介して行きます。今回は下記のうち太字の研究室が、それぞれ1つのテーマを選んで、その概要を語ります。

(※は「新設研究室紹介」、☆は「大学の研究・動向」のページに掲載)

## 電気関係研究室一覧

### 工学研究科

#### 電気工学専攻

複合システム論講座

**電磁工学講座電磁エネルギー工学分野**

電磁工学講座超伝導工学分野

電気エネルギー工学講座生体機能工学分野 (小林研)

電気エネルギー工学講座電力変換制御工学分野 (引原研)

電気システム論講座電気回路網学分野 (和田研)

電気システム論講座自動制御工学分野 (萩原研)

電気システム論講座電力システム分野 (大澤研)

#### 電子工学専攻

**集積機能工学講座 (鈴木研)**

電子物理学講座極微真空電子工学分野 (石川研) ☆

電子物理学講座プラズマ物性工学分野 (橋研)

**電子物性工学講座半導体物性工学分野 (木本研)**

電子物性工学講座電子材料物性工学分野 (松重研)

量子機能工学講座光材料物性工学分野 (川上研) ※

量子機能工学講座光量子電子工学分野 (野田研)

量子機能工学講座量子電磁工学分野 (北野研)

#### 光・電子理工学教育研究センター

ナノプロセス部門ナノプロセス工学分野 (高岡研)

### エネルギー科学研究科 (大学院)

#### エネルギー社会・環境科学専攻

エネルギー社会環境学講座エネルギー情報学分野

**エネルギー基礎科学専攻**

エネルギー物理学講座電磁エネルギー学分野 (近藤研)

**エネルギー応用科学専攻**

応用熱科学講座エネルギー応用基礎学分野 (野澤研)

**応用熱科学講座プロセスエネルギー学分野**

### エネルギー理工学研究所

エネルギー生成研究部門粒子エネルギー研究分野

エネルギー生成研究部門プラズマエネルギー研究分野 (水内研)

エネルギー機能変換研究部門複合系プラズマ研究分野 (佐野研)

### 生存圏研究所

診断統御研究系レーダー大気圏科学分野 (山本研)

**診断統御研究系大気圏精測診断分野 (津田研)**

開発創成研究系宇宙圏電波科学分野 (山川研)

**開発創成研究系生存科学計算機実験分野 (大村研)**

開発創成研究系生存圏電波応用分野 (橋本研)

京都大学ベンチャービジネスラボラトリー (KU-VBL)

### 情報学研究科 (大学院)

#### 知能情報学専攻

**知能メディア講座言語メディア分野 (黒橋研)**

知能メディア講座画像メディア分野 (松山研)

#### 通信情報システム専攻

通信システム工学講座デジタル通信分野 (吉田研) ☆

**通信システム工学講座伝送メディア分野**

通信システム工学講座知的通信網分野 (高橋研)

集積システム工学講座情報回路方式分野

**集積システム工学講座大規模集積回路分野 (小野寺研)**

集積システム工学講座超高速信号処理分野 (佐藤研)

#### システム科学専攻

システム情報論講座画像情報システム分野 (石井研)

システム情報論講座医用工学分野 (松田研)

### 産官学連携センター

研究戦略分野 §

**先進電子材料分野 (藤田研)**

### 高等教育研究開発推進センター

**情報メディア工学講座情報可視化分野 (小山田研)**

### 学術情報メディアセンター

**情報メディア工学講座複合メディア分野 (中村裕研)**

注 § 工学研究科電子工学専攻橋研と一体運営

## 電磁工学講座 電磁エネルギー工学分野

<http://www.kuee.kyoto-u.ac.jp/outside/annai/teacher.php?id=7>

## 「磁気スカラポテンシャルを用いた 3 次元非線形磁場解析の高速化」

計算機性能の急速な進歩を背景として、電気機器類の設計・開発において計算機を用いた電磁場解析が大きな役割を果たしている。同時に、先端的な高精度・大規模解析における計算コストの面での制約は最新の計算機をもってしても大きく、より効率的な計算技術の開発が強く求められている。当研究室では、強磁性体材料の磁気特性の正確かつ効率的なモデル化技術、モデルの複雑化に対応するための高度有限要素解析手法の開発、有限要素解析において現れる大規模代数方程式の高速解法等に関して研究を行ってきた。本稿では、最近の研究成果の一つである 3 次元非線形磁場解析の高速化技術を紹介する。

マクスウェル方程式などの偏微分方程式に対する有力な数値的解法として有限要素法があるが、電気機器の磁場解析においては一般に、磁性体材料の非線形磁気特性を考慮することが必要である。このとき、有限要素法による離散化の結果として大規模な非線形代数方程式が導かれる。この代数方程式に対する高速解法の開発が、解析の高速化のために必要不可欠である。

最近では磁場解析において磁気ベクトルポテンシャルによる定式化手法が主流となっているが、本研究では、磁気スカラポテンシャルによる定式化を用いた。磁気スカラポテンシャルによる定式化手法では、非線形代数方程式の未知数の数を大幅に削減できる一方、方程式の性質が悪く標準的なニュートン・ラフソン法による反復求解では収束性が不安定となることが知られている。ここでは、ニュートン・ラフソン法に直線探索を導入し、反復の収束性を安定化した。つまり、ニュートン・ラフソン法における近似解  $x$  の更新において、緩和係数  $a$  を用いて、 $x_{\text{new}} = x + a\Delta x$  とする。 $a = 1$  のときが標準的なニュートン・ラフソン法に対応する。本研究ではさらに、AMG (Algebraic Multi-Grid) 法を用いることで解析の高速化を図った。ニュートン・ラフソン法における修正ベクトル  $\Delta x$  を求める際にはヤコビアン行列を係数行列とする線形代数方程式を解く必要があるが、この際の求解手法として AMG 法が有効である。

電気学会実規模電磁界解析のための数値計算技術調査専門委員会において、磁気シールドに関するベンチマークモデルが策定されている (図 1)。このベンチマークモデルについて磁場解析を行い、解析に必要とした計算時間を表 1 に示した。AMG 法を用いることで、従来法と比較して大幅に解析が高速化されることが示されている。

## 参考文献

T. Mifune, T. Iwashita, and M. Shimasaki, 16th Int. Conf. on the Computation of Electromagnetic Field (Compumag), PA2-7, Aachen, June 2007.

表 1 解析に要した計算時間の比較 [s]

解法	AMG法	従来法
求解部	1024	6468
行列の生成	615	616
緩和係数の決定	1530	1525
全体	3167	8610

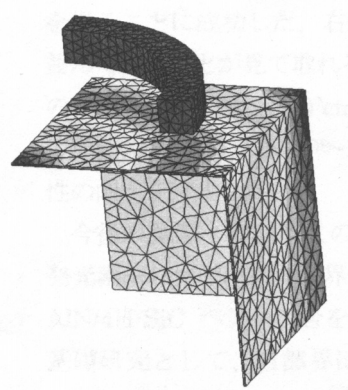


図 1. 磁気シールドモデル

## 電気エネルギー工学講座 電力変換制御工学分野（引原研究室）

<http://www-lab23.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

## 「レドックスフロー電池の反応速度論に基づくモデル」

レドックスフロー（RF: Redox Flow）電池は、充放電を行うセルと電解液を貯蔵するタンクが分離された構造をとり、ポンプを用いて電解液をタンクとセル間で循環させ、金属イオンであるバナジウムイオンの価数変化により充放電する二次電池である。このため、電気再生型燃料電池とも呼ばれる。図1 (a) にRF電池の充放電回路と電解液循環系図、(b) に実験装置を示す。RF電池は電力システムにおいて負荷平準化や出力平均化、瞬時電圧低下対策として用いられることが期待される。特に、高速応答特性を持つため、瞬時電圧低下補償装置として実用化が検討されて来た。

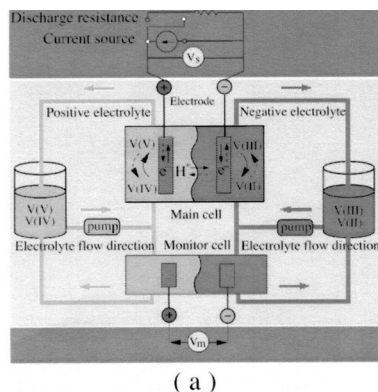
RF電池に関するこれまでの研究では、Kazacos氏らはイオン交換膜における水の移動に関して定量的検討を行っている[1]。また、本間氏は、電極反応論に基づいて、電池反応が拡散律速で決められる過程および過電圧が十分小さく、局所的に過電圧と電流が比例すると見なせる範囲について単電池の過渡状態を表す偏微分方程式を導出した[2][3]。さらに、榎本氏らはある特定の電池に対して、充放電時のステップ電流入力による電圧の出力特性からモデル化を行い、電池の等価回路定数を求めると同時に、定電流充放電を数値的に模擬する結果を得ている[4]。しかしながら、RF電池の構造に基づく電気系、化学系、流体系の連成を考慮した適当な動的モデルが確立されておらず、実用上のさまざまな問題への検討を難しくして来た。

本研究では、RF電池の充放電セルと電解液を貯蔵するタンクが分離された構造的特徴より、その動特性を支配する電気系、化学系、流体系の影響を記述する。すなわちRF電池の動的モデルを物理的現象、反応速度論に基づき、電解液流量による濃度変化および電気回路による外的制約を考慮した上で、モデル式を導出した[5][6]。また、導出したモデルがRF電池の動作原理をきちんと表していることを数値計算結果と実験結果の比較検討より確認した。図2に、負荷変動時におけるRF電池の出力電圧の流量依存性を示す。この数値計算結果より、電解液流量を大きくすることで電池の利用効率と出力電圧を高くでき、流量の変化可能な範囲を定量的に検討できる[6]。導出した電池の動特性を表したモデルは、電池の運転・設計に理論的指針を与えると共にエネルギー変換のメカニズムの定量的把握を可能とし、種々の充放電状態における電池動作の制御に関する検討を可能にすることが期待される[6]。

謝辞 実験装置の製作には、関西電力（株）および住友電工（株）の協力を得た。ここに謝意を表します。

## 参考文献

- [1] T. Sukkar and M. Skyllas-Kazacos, *J. Membr. Sci.* **222**, pp.235-247 (2003). [2]本間, 電学論 B **107**, pp.449-456 (1987). [3]本間, 趙, 大澤, 電学論B **102**, pp.265-272 (1989). [4]榎本, 佐々木, 重松, 出口, 電学論 B **122**, pp.554-559 (2002). [5] M. H. Li, T. Funaki, and T. Hikihara, *The Fourth Power Conversion Conference*, Nagoya Congress Center, Nagoya, Japan, April 2-5 (2007). [6] 李, 引原, NLP **8**, pp.43-47 (2007).



(a)



(b)

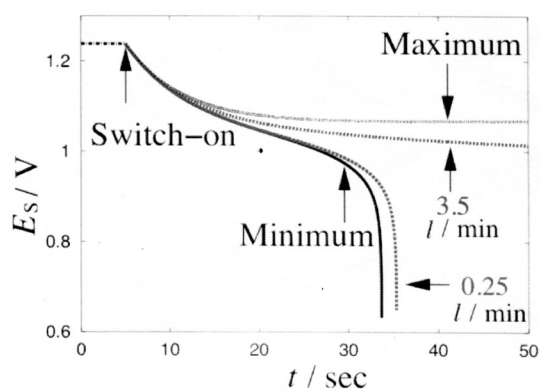


図2. RF電池の出力電圧の流量依存性

図1. (a) RF電池の充放電回路と電解液循環系図、(b) 実験装置



## 集積機能工学講座（鈴木研究室）

<http://sk.kuee.kyoto-u.ac.jp/index.html>

## 「高温超伝導体固有ジョセフソン接合のスイッチング確率と脱出温度」

超伝導は巨視的量子効果の発現である。超流動濃度が一定の振幅と位相をもってあたかも1粒子の波動関数のように基底状態に凝縮している。レーザーが振幅と位相で表されるように、超伝導も振幅と位相で表され、位相は其中でとりわけ重要な働きを示す。たとえば位相はベクトルポテンシャル（その回転が磁場）の経路積分で表され、少し変化すると（すなわち微小な磁場で）位相が大きく変化する。レーザーでは位相の制御が光学的に種々方法があるのに対して、超伝導ではこの位相の検出方法が限られており、唯一ジョセフソン効果があるのみである。ジョセフソン効果により位相の変化が電気信号に変換されるため、たとえばジョセフソン接合による微弱磁場の高感度検出が可能となっている。このようにジョセフソン接合があつてはじめて巨視的量子効果の応用が可能となっていると言ってもよい。

このジョセフソン接合に新しいもう一つの応用の可能性が出てきた。ジョセフソン接合の位相は、ジョセフソンが理論的に見いだした関係式を使って運動方程式を導くと、ちょうど放物型のポテンシャルの谷を振動する粒子とみなすことができる。これは量子的には離散化された準位に粒子が存在しているということができる。この準位のうち、エネルギーの低いほうから2つとりあげ、そのうちのどちらか一方に存在するような重ね合わせ状態を作ると、これは量子コンピュータのエレメントとなる量子ビット (qbit) 素子になることを示している。また読み出しにはポテンシャルをトンネル効果で粒子を脱出させる巨視的量子トンネル効果 (MQT) を用いて可能なことが確かめられている。

これまでの研究ではこれらの動作が実現する温度は10mKほどの極低温が必要であり、そのためには希釈冷凍機が必要とされている。しかし、希釈冷凍機を用いて量子コンピュータを構成することはかなり困難とされており、もっと高い温度で上記の動作が可能な工夫が求められている。最近、高温超伝導体の固有ジョセフソン接合を使用すると従来の低温超伝導体のジョセフソン接合よりも1桁以上高い温度でMQTが観測されることが報告された。われわれはなぜこれまでよりも高い温度でMQTが起こるのかを理解するために、あるいは現在1K程度であるが、これをさらに高い温度にするために固有ジョセフソン接合を用いて研究を進めている。

これまでMQTの実験に用いられてきた固有ジョセフソン接合素子は収束イオンビーム (FIB) で加工された素子であるが、われわれはより現実的な微小メサ構造を対象としている。図1はBi<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>CaCu<sub>2</sub>O<sub>8+δ</sub>単結晶から固有ジョセフソン接合を2層取り出した素子の電流電圧特性である。図2はこれを用いてジョセフソン接合が電圧状態にスイッチする電流の確率分布を種々の温度で測定した結果である。これから脱出温度がわかるが、その温度依存性はほぼ試料の温度と同じで熱活性的脱出を示しており、実験した温度の下限5KではMQTへのクロスオーバーに達していない。詳細は次の機会に述べる。

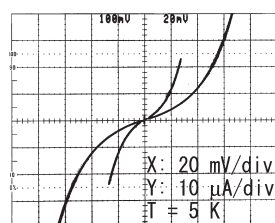


図1. 固有ジョセフソン接合2層のIV特性

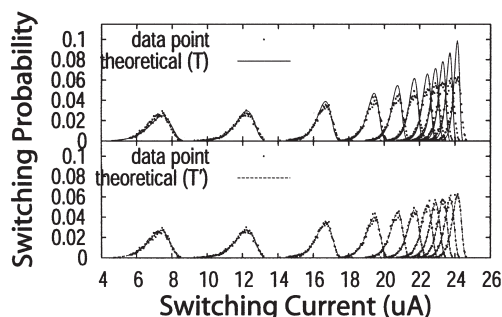


図2. 種々の温度におけるスイッチング電流の確率分布

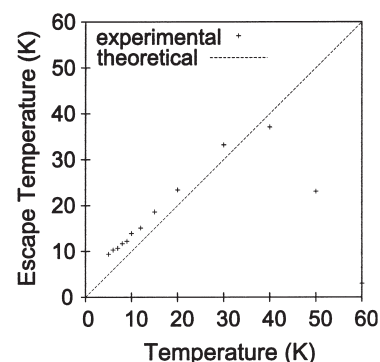


図3. 脱出温度の環境温度依存性

## 電子物性工学講座 半導体物性工学分野（木本研究室）

<http://semicon.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

## 「新しい結晶構造を持つ高品質無極性面AlNの結晶成長」

半導体発光素子の短波長化は、可視短波長の青、紫から紫外線の領域に進みつつある。既に、水銀ランプのi線に相当する365nmの紫外線発光ダイオードは実用化されており、水銀ランプを置き換えつつある。さらなる短波長化を目指して世界中で研究が行われているが、波長250nm以下の深紫外（DUV）光領域が大きな（困難な）挑戦と考えられている。

DUV発光材料としてはいくつかの候補があるが、その中でも6.2eV（200nm相当）と大きなバンドギャップを有する窒化アルミニウム（AlN）が有力視されている。高効率の発光素子を実現するためには、極めて高品質な結晶を作製することが重要であるが、窒化物半導体においては、その強いイオン性による分極に起因した内部電界の抑制も重要である。すなわち、一般に用いられている（0001）極性面上に量子井戸構造を作製すると、分極に起因する内部電界により電子と正孔が空間的に分離され、発光効率が低下してしまう。この問題を回避するには、（0001）極性面に直交する（1-100）や（11-20）などの無極性面上に量子井戸構造を作製することが必要となる。

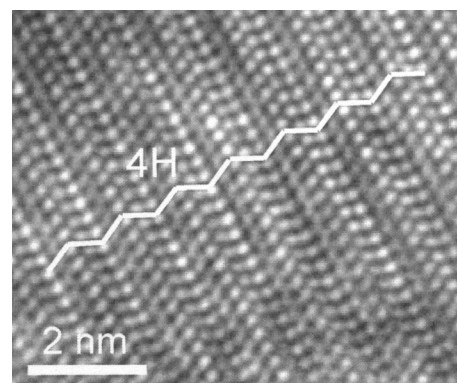
本研究グループでは、この要請、すなわち、高品質無極性面AlNの結晶成長方法として、SiC基板上のAlNのヘテロエピタキシャル成長を提案している。SiCはバルク単結晶成長技術が進んでおり、現在、4インチという大口径ウェハが量産されており、また、SiCとAlNの格子不整合は1%以下であり、入手可能な異種基板として最も整合性が良いという特長がある。結晶成長における唯一の問題は、SiCとAlNの結晶構造の違いである。SiCバルク結晶成長では、4Hもしくは6Hという結晶構造のものが得られるが、一方、AlNの熱力学的に安定な結晶構造は2H（ウルツ鉱構造）である。この結晶構造の不一致のために、良好な格子整合性を持ちながら、SiC上に成長したAlNの結晶性は、サファイアなどの（格子不整合の大きな）他の基板に成長したものと大差ないという状況であった。

本研究グループでは、本来2HのAlNの結晶構造をSiC基板に合わせて4Hや6Hにできないかという逆転の発想でこの課題に挑んできた。SiCの無極性面の結晶模型を作るとすぐに気がつくのだが、SiCから出ている結合手は、SiCの結晶構造を反映している。この結合手に沿ってSiC上にAlNの模型を組み立てて行くと、SiCの結晶構造がAlNへと複写され、AlNはSiCと同じ結晶構造になる。すなわち、結晶成長が完全な形で進行していれば、AlNがSiCと同じ結晶構造になるのがむしろ自然なのである。この「完全な結晶成長の実現」という方針の下、我々は、SiC基板表面にガスエッチングを施し、原子レベルで超平坦な表面を準備し、その表面上にAlNを層状、つまり、平坦性を損なわないように工夫して成長を行った。その結果、4H-SiC基板上に、基板と完全に同一な4H構造を持つAlNを得ることに成功した。右図に高分解能透過電子顕微鏡（TEM）写真を示す。4層周期でAl-N原子対が並んでいることが見て取れる。詳細な評価から、この4H-AlNの貫通転位密度は $8 \times 10^7 \text{cm}^{-2}$ と極めて低く、過去に報告されている無極性面AlN ( $10^9 \sim 10^{10} \text{cm}^{-2}$ )と比較すると格段の結晶性の向上を達成した。[1]

今後の展開としては、この高品質4H-AlN層を用いたDUV発光素子の作製に加え、界面欠陥のほとんど存在しない4H-AlN/4H-SiCヘテロ接合を用いた新規電子デバイス、また、基礎研究として、自然界に存在しない新規結晶である4H-AlNの物性解明などを考えている。

## 参考文献

- [1] M. Horita, J. Suda and T. Kimoto, *Applied Physics Letters*, **89**, 112117 (2006).



## 光・電子理工学教育研究センター ナノプロセス部門 ナノプロセス工学分野 (高岡研究室)

[http://cib.kuee.kyoto-u.ac.jp/nanoprocess\\_eng/index.html](http://cib.kuee.kyoto-u.ac.jp/nanoprocess_eng/index.html)

### 「クラスターイオンビームを用いたナノバイオ材料の創製」

一般に、人工材料を骨の欠損部に埋入すると、生体はこれをコラーゲンの被膜で取り囲み、周囲の骨から隔離しようとする。これは、我々の身体の正常な防御反応ですが、このために人工骨などの人工材料を骨欠損部に安定に固定することが困難になります。しかし、ある種のセラミックスは、骨欠損部に埋入されると、線維性被膜で取り囲まれることなく、骨と直接接し、強固に結合します。これらは「生体活性セラミックス」と呼ばれ、既に重要な骨修復材料として実用化されています。生体活性セラミックスと生体骨との界面を詳細に観察してみると、セラミックスと骨とが直接結合しているのではなく、両者の界面には、骨の無機成分であるアパタイトに似た構造と組成を有するセラミック層（骨類似アパタイト層）が存在することが分かります。このことから、人工材料が骨と結合する（生体活性を示す）ための条件は、体液環境下でその表面に骨類似アパタイト層を形成する（アパタイト形成能を示す）ことであるといえます。

近年、ある種の官能基（Si-OH、Ti-OH、COOH基等）が生体環境下でのアパタイト形成に有効であることが明らかとなりました。一方、クラスターイオンビーム技術は、イオン照射による損傷を与えることなく、材料表面を効果的に改質できるので、医用材料の表面に所望の官能基を形成させ、アパタイト形成能を付与する方法として有効であると期待されます。そこで本研究室では、クラスターイオンビーム技術を医用材料（有機高分子や金属）の表面改質に応用する試みを行っています。例えば、ポリエチレン（PE）基板に酸素モノマー・クラスターイオンビームを混合照射（O<sub>2</sub> mcイオンビーム照射）し、これをヒトの体液の約1.5倍の無機イオン濃度を有する擬似体液（1.5SBF）に36.5℃で7日間浸漬すると、図1に示すように、未照射のPE基板はアパタイトを形成しませんが、O<sub>2</sub> mcイオンビーム照射したPE基板はナノサイズの微結晶からなる骨類似アパタイトを形成します。これは、O<sub>2</sub> mcイオンビーム照射により、アパタイトの核形成を誘起するCOOH基などの官能基がPE基板表面に生成するためと考えられます（図2）。現在、アパタイト形成に最適なクラスターイオンビーム照射条件を見出す研究や、アパタイトの接着強度の向上を目指す研究を進めています。クラスターイオンビームは、新たなナノバイオ材料を創製する新規な手法として大いに期待されます。

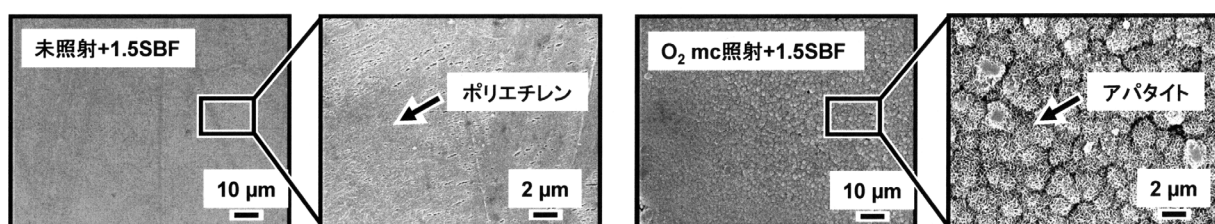


図1. O<sub>2</sub>mcイオンビームを照射後、1.5SBFに7日間浸漬したPE基板の走査型電子顕微鏡写真

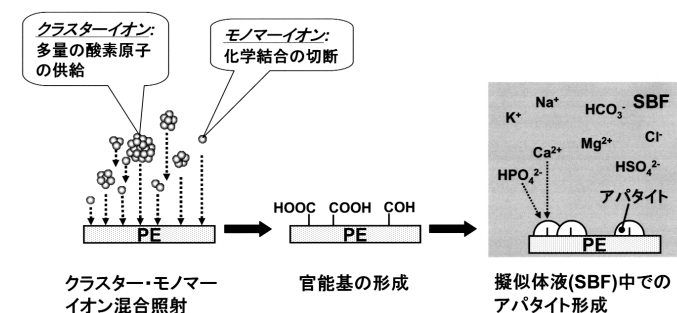


図2. クラスターイオンビームを照射したPE基板上でのアパタイト形成機構



# 国際融合創造センター 創造部門 先進電子材料分野（藤田研究室）

<http://www.iic.kyoto-u.ac.jp/sozo/fujita/>

## 「深紫外領域新半導体材料の開発」

GeやSiの開発に端を発した半導体材料の開発は、多様な化合物・混晶半導体開発の歴史をたどり、各種の光・電子デバイスの実現に貢献してきた。なかでも禁制帯幅が広い半導体（ワイドギャップ半導体）は、省エネルギー・省資源の社会の動きに合わせ、高効率光源、パワーデバイス等への応用が期待され、GaNやSiCなど著しい進展を見せている。あわせて最近では、紫外～深紫外領域の発光・受光いづれについても高効率化と短波長化に強い要望がある。発光機能は高密度光記録システム、高効率白色光源、殺菌やバイオ計測などへの応用、また受光機能は環境計測、ヘルスケア、炎検知、紫外光源の制御などへの応用が期待されている。この観点で、AlGaInN混晶による短波長化が大きな話題で発光波長280nm程度の深紫外LEDが報告されているが、量子効率が1%以下と低い。その理由として1100°C以上の高温成長と格子不整合による歪の増加、結晶性の劣化、欠陥の発生などが考えられている。

本研究室では、深紫外領域に光機能を持つ新しい半導体材料の開発という観点で、Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>に着目している。この半導体は禁制帯幅約4.9eV（波長250nm）の直接遷移型のバンド構造を持ち、800°C以下の温度で成長でき、InまたはAlを加えた混晶により禁制帯幅の制御が可能で、また最近Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板が開発されたという大きな利点がある。この半導体は無添加でn型伝導を示すため、p型伝導を得ることが問題になると予想されるが、GaNと同様、GaサイトをZnやMgで置換する方法が考えられる。実際には光デバイスを念頭としたGa<sub>2</sub>O<sub>3</sub>半導体薄膜の成長や混晶化についての研究はほとんどなく、特性は未知といえるが、高品質の結晶成長に向けたアイデアを含めつつ本材料の開拓を行う研究を行っている。

結晶成長は分子線エピタキシ（MBE）で行い、基板にはc面サファイアを用いた。Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>は各種の結晶形をもち、 $\beta$ 型斜方晶系結晶が最も安定である。成長温度800°Cにおいて $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>薄膜を得ることができたが、現状では回転ドメインが残留する。しかし、可視～紫外領域にはほぼ完全に透明で、その光機能を示すために光伝導特性を調べたところ、量子効率14%の深紫外光検出器としての特性を示した。

この材料の大きな特徴は $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板が比較的容易な方法（浮遊帯溶融法）で得られることである。そこで、 $\beta$ -Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>基板を用いたホモエピタキシャル成長を行っている。この場合はサファイア基板上で見られたような回転ドメインや異相の混入なく単結晶であり、表面にステップ・テラス構造を保ったままでステップフロー成長する。得られた結晶表面の一例を図に示す。このように理想に近い形で新材料Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>半導体薄膜の結晶成長が可能となり、今後深紫外機能の探索・応用に向けて京大発の研究を続けてゆく予定である。

なお、国際融合創造センターは、平成19年7月1日付け改組により産官学連携センターにその多くの機能が引き継がれた。

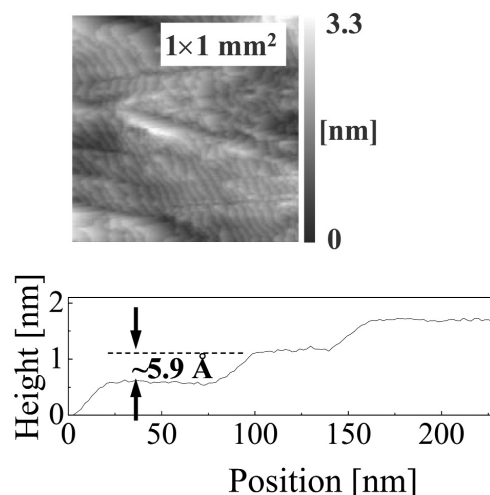


図. Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>表面とイメージと段差プロファイル。(100)面間隔の半分の大きさのステップが形成されている。



## 知能メディア講座 言語メディア分野（黒橋研究室）

<http://nlp.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

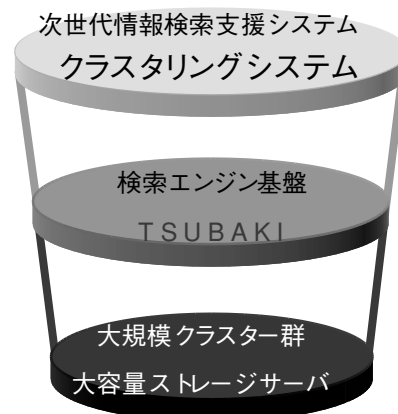
### 「開放型検索エンジン基盤TSUBAKIの構築・運用および新しい情報検索支援システムの開発」

近年、World Wide Web (WWW) 上には膨大な量の情報が氾濫しており、その中から必要とする情報を探し出すためには検索エンジンが必要不可欠なツールになっています。既存の検索エンジンは、利用者から与えられた数個の検索キーワードをもとに、それらを含む文書へのリンクをリスト形式で提示することしかしてくれません。そのため利用者は複数のページを横断的に見て周り、そこから得られた情報を総合的に解釈・判断する必要がありますが、WWWの規模を考えると、そのような解釈・判断を行うことは大変難しいというのが現状です。検索結果をページの内容ごとに分類してユーザへ提示するクラスタリングシステムなどの新しい情報検索支援システムの実現は、情報を効率的に取得するためには必須になると考えられます。

クラスタリングシステムのような新しい情報検索支援システムの実現には、その基盤となる検索エンジンが必要です。現在、いくつかの商用検索エンジンで、その検索結果を得るためのAPIが提供されていますが、APIの利用回数や取得可能な検索結果数などの制限が設けられており、新しい情報検索支援システムを研究・開発するための基盤として、既存の検索エンジンを用いる際の障壁となっています。

そこで当研究室では、特定科研「情報爆発」において、既存の検索エンジンAPIの抱える問題点を解決し、新しい情報検索支援システムの研究・開発を支援するために、大規模日本語ウェブページ群（2億ページ）を検索対象とする開放型検索エンジン基盤TSUBAKIの構築・運用を行っています。ここで「開放型」とは、APIの利用等に何ら制限を設けていないことを意味しており、TSUBAKI APIの利用者は、1日のAPI利用回数や、取得可能な検索結果の制限を受けることなく、検索エンジンTSUBAKIの検索結果を自由に利用することが可能です。検索エンジンTSUBAKIのもう一つの特徴として、深い言語処理を用いた検索が挙げられます。例えば、「英会話学校」と検索キーワードが入力された場合、単に「英会話」と「学校」の出現分布を基に検索するだけでなく、「英会話」と「学校」の修飾関係や、「学校」と「スクール」が同じ意味を表すといった同義関係を考慮した検索を行うことが可能です。

さらに、検索エンジンTSUBAKIを基盤とし、その上にクラスタリングシステムの構築も進めています。このシステムは、通常は把握が困難であった検索結果の全体像を、クラスタ（分類されたページの集合）に付けられたラベルを見るだけで容易に俯瞰することを可能にします。さらに、特定のクラスタ



**WebClustering**

件
 
[ヘルプ](#)
[検索履歴](#)

[オプション](#)

語学留学の検索結果 2000件をクラスタリング 0件をサンプリング TSUBAKI から (計1047秒, 検索66 取得&ベ

語学留学 (2000) ・ 海外留学 (473) 専門学校留学, 正規留学, アメリカ留学 ・ 親子留学 (396) オーストラリア留学, 留学 オンライン運営事務局, 日本 日本語教師アシスタント ・ 語学学校 (386) 英語力, 語学力 ・ 留学生 (347) 日本人, 中国語, 留学先	クラスタ 1: 海外留学 専門学校留学 正規留学 アメリカ留学 (473件中 1 - 50 件目を表示) ★ このクラスタをさらに分類する ★ 文書を重心からの距離でソートする 4. 留学 / FSD 無料ディレクトリ検索サービス cache ID=0028 vector size(200) show elements http://www./RMC留学申し込みセンター/バンク・オブ・スクール /http://jp./自由が丘./com//中国・韓国・アジア留学情報を /http://www./net//全国各地にて留学説明会がある。/html/ 相談など留学希望者のための情報提供や現地留学生、留学体験者が集ま 京都武蔵野市。/カウンセリングと英会話コースの案内。/3才から大人ま 材育成プログラムをコーディネート。/国際交流サポートセンター/htto://
---	---

を対話的に追うことで、利用者は、自分の興味のある情報だけを素早く得ることも可能です。

数百CPUを駆使して動作する検索エンジンの開発・運用は想像以上にタフかつチャレンジングなテーマであり、また、その上で動く次世代情報検索支援システムの構築はまだ確立されていない未知の領域です。今後も、現在のキーワード型検索のパラダイムを払拭するような次世代情報検索支援システムの研究・開発に取り組んでいきたいと考えています。

## 通信システム工学講座 伝送メディア分野

<http://www.imc.cce.i.kyoto-u.ac.jp/>

## 「商用電源に同期した屋内電力線通信路の短時間変動とその影響」

屋内電力線通信とは、商用電源供給に利用されている屋内電力線を通信利用する技術を表します。本研究室では図1に示すような屋内電力線通信によるホームユビキタスネットワークの実現を目指しています。図1のネットワークが実現すれば、家庭内の商用電力供給と通信が統合することにより身の周りの配線地獄から解放され、どの部屋からでも映像、音楽、インターネットアクセスを楽しむことができるようになります。そのためには、現状の屋内電力線通信の伝送速度を高速化し、その通信品質をさらに高めなくてはなりません。本研究室では、屋内電力線通信によるホームユビキタスネットワークを実現するための基礎的な研究として、伝送メディアとしての屋内電力線通信路の特性解析を行っています。

屋内電力線通信は、家庭内の電化製品のスイッチング電源の影響を受けます。電化製品によっては、商用電源に同期した伝達関数や雑音統計の短時間変動が生じます。本研究室では、屋内電力線通信路の商用電源周波数に同期した時間周波数解析手法を提案しています[1]。図2は研究室内に構築した屋内電力線通信の実験系に携帯電話をACアダプタを介して充電しているときの伝達関数の時間周波数解析結果です。横軸は時間（電源2周期分）、縦軸は周波数（屋内電力線通信の周波数帯2～30MHz）です。図2より商用電源AC100Vの電圧絶対値がある閾値を越えるときに、伝達関数が切り替わることが分かります。次に、市販されている電力線通信モデムへの伝達関数の短時間変動の影響を見ます。評価対象とする電力線通信モデムはHD-PLC方式のPanasonic BL-PA100KTとUPA方式のNETGEAR HDXB101です。データ伝送プロトコルはUDP (User Datagram Protocol) とし、各電力線通信モデムの伝送速度を携帯電話のACアダプタを接続しない場合と携帯電話のACアダプタによる充電時と比較しました。比較結果を図3に示します。横軸は送信伝送速度であり、縦軸は受信伝送速度です。図3の結果から、伝達関数の短時間変動が生じていない場合はUPA方式モデムがHD-PLC方式モデムより伝送速度が高いことを示しますが、生じている場合はその関係が逆転することが分かります。このことは、通信方式の違いにより、伝達関数の短時間変動の影響が大きく異なることを示唆しています。今後は、伝達関数の周期的短時間変動を含めた屋内電力線の伝送メディアとしての特性に対する洞察を更に深め、ホームユビキタスネットワークを実現可能な屋内電力線通信技術の研究開発を進めていきます。

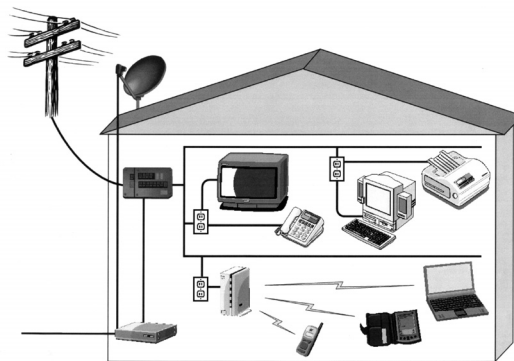


図1. 屋内電力線によるホームユビキタスネットワーク

## 参考文献

- [1] 早崎太郎, 梅原大祐, 本田慎也, 田野哲, “屋内電力線通信路の電源周波数に同期した時間周波数解析,” 2007年電子情報通信学会総合大会, B-8-4, 2007年3月.

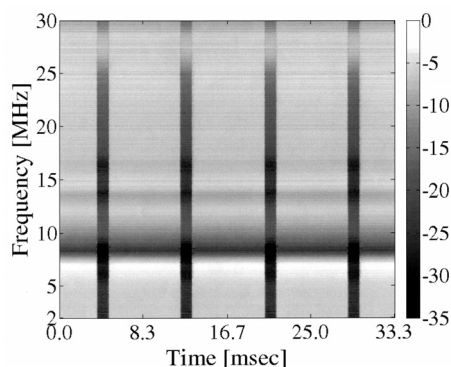


図2. 電力線通信路の周期的短時間変動

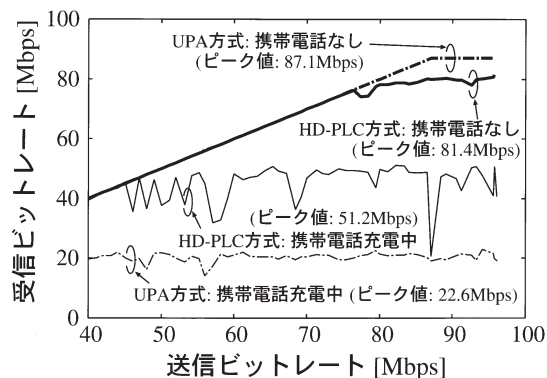


図3. 市販電力線通信モデムへの影響

## 集積システム工学講座 大規模集積回路分野（小野寺研究室）

<http://www-lab13.kuee.kyoto-u.ac.jp/>

## 「再構成デバイスによるばらつき活用設計技術」

当研究室では、集積回路の微細化にともない深刻となっているデバイス特性のばらつきを、FPGA (Field Programmable Gate Array) に代表される再構成デバイスの速度と歩留まりの向上に利用する技術についての研究を行なっている。

集積回路の微細化は、ムーアの法則とともに年率数倍という速度で進んでいる。これは、MOSトランジスタの微細化とLSIのチップ面積の増大という2つの要素による。MOSトランジスタの特性のばらつきを左右する要因のひとつであるチャネル不純物数のばらつきは不純物数 $n_a$ の平方根 $\sqrt{n_a}$ に比例する。従って微細化に伴うデバイス特性のばらつきは避けて通れない。

このデバイス特性のばらつきを抑えるための様々な研究が行なわれているが、我々はこのばらつきを逆に利用して、回路特性の向上に利用するという逆転の発想を元にした研究を行なっている。図1に、研究の概念図を示す。図左は、従来の固定機能、固定配置のASIC（特定用途向けLSI）の場合、ばらつきによりチップ毎に特性が異なり、歩留まり（正常動作率）が下がる。一方、提案手法では、まず再構成デバイス（FPGA）を製造する、ASICと同様にばらつきの影響を受けるが、製造後に特性を測定し、ばらついた特性に応じてFPGA上に実装する回路の配置位置、ならびに配線トポロジを変更する。

本研究は、平成17年度より半導体理工学研究センター（STARC）との共同研究として採択され、2年以上にわたって研究を継続してきた。図2は、90nmプロセスにより試作を行なったFPGAのチップ写真である。5mm角のLSI中に48×48の論理ブロックが集積されており、FPGAのばらつき特性を測定して、その特性に応じた回路の配置ならびに配線を行なうことが可能である、測定したばらつきを元に、簡単なモデル回路の配線経路の最適化を行なったところ、3%程度の回路特性の向上を実測により確認した。

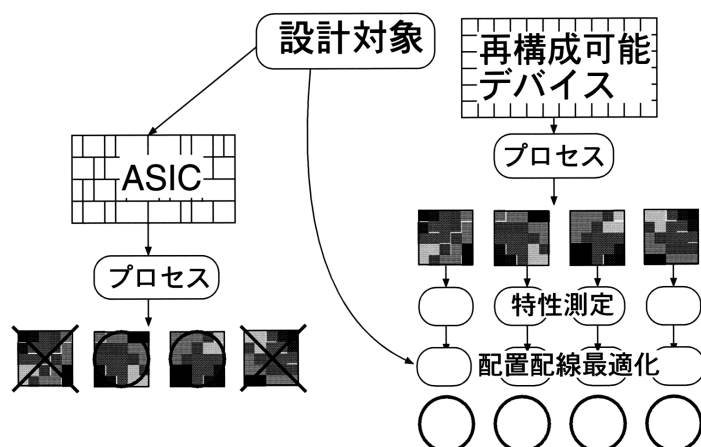


図1. 研究の概念図。固定機能固定配置のASICはばらつきによりチップ毎に特性が変動し、歩留まりが下がる。提案手法では製造後に測定したばらつきに応じて実装する回路の配置と配線を最適化する。

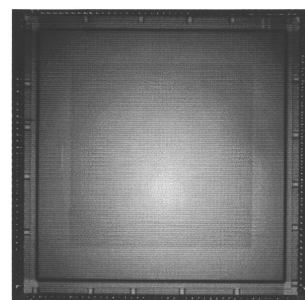


図2. 90nmプロセスにより試作したFPGAのチップ写真。FPGA内の特性変動を測定する機能を有する。



## システム情報論講座 医用工学分野（松田研究室）

<http://www.bme.sys.i.kyoto-u.ac.jp/>

## 「生体情報シミュレーション」

## 1. 研究の背景

当研究室では、心筋細胞の精密な数理モデルの研究を行っている医学部生理学教室と共同で、生体組織、特に心臓の機能をモデル化してシミュレートする研究を進めている。

80年代以降、パッチクランプ法等の発展により細胞内部の微細構造であるイオンチャネルやポンプ等の機能が直接計測可能になり、急速に機能が定量的に解明されるようになってきている。この流れは現在も続いており、より微細な構造、詳細な解析へと向かっている。一方、臨床的には全身状態や臓器に関する情報は豊富に計測されるようになってきているが、臓器が細胞や細胞内微細構造とどのように関係しているかという点については、定量的な解析は極めて少ない。本研究室では、心臓を対象に、京大医学部で研究されているKYOTOモデルと呼ばれる心筋細胞の詳細なモデルを元に、心筋組織あるいは臓器としての心臓の機能がどのように細胞と関係しているかを、シミュレーションにより解析している。

## 2. 心臓シミュレーション

心筋細胞は細胞長により発生収縮力が変化することが知られており、この関係は長さ張力関係と呼ばれる（図1）。生理学的には、全身の血液需要の増大に伴って左心室に還流する血液量が増大すると、個々の細胞長は増大し、血液を拍出する力が増加し、拍出速度を維持する制御系に寄与すると説明されており、この法則はフランク-スターリング則と呼ばれている。

心臓は、右心房付近にあるペースメーカー細胞から生ずる周期的な興奮が、電気的な刺激を伝える刺激伝導系を經由して心臓全体に伝播することにより、収縮運動を行う。心臓の病気によっては、この興奮伝播現象が障害を受けることがあり、この場合、機械的な運動の同期が損なわれるため心臓のポンプ機能が低下すると考えられている。

我々は、興奮伝播現象がポンプ機能に与える影響を解析するため、長さ張力関係を再現可能な心筋細胞モデルを利用した1次元ケーブル状の心筋組織モデルを構築し、興奮伝達時間（全細胞の興奮に要する時間）と発生する最大収縮力の関係を調べた。この結果、興奮時刻が遅延する細胞は、初期細胞長が引き延ばされるため、長さ張力関係により収縮力が増大し、興奮伝達時間の増大に対し、非線形に最大収縮力が低下し、興奮伝達時間低下の影響が緩和される効果があることがわかった（図2）[1]。近年、興奮伝播の異常に対する治療として心臓に二つのペースメーカー電極を導入する両室ペーシング療法が注目されているが、本研究の結果は、両室ペーシングの効果の一部は、興奮伝達時間の減少による機械的効率の上昇による可能性を示唆していると考えている。

現在は、より大きなモデルであるリング状の左心室モデル、あるいは左心室全体のモデルを構築し、バチスタ手術等の心臓に対する治療において、最適な治療方法を評価するためのツールを構築するため、精密な細胞モデルを用いたモデルにおける心室壁応力分布の評価等を行っている（図3）。

## 参考文献

- [1] 陸建銀、西俊文、芦原貴司、シュナイダーナタリー、天野 晃、松田哲也、小寺秀俊:心室筋興奮到達時間の組織収縮力への影響：シミュレーションによる解析, 生体医工学, 44 (1): 170-176, 2006.

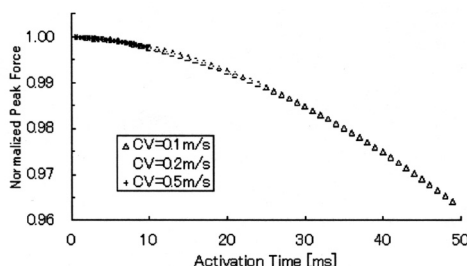
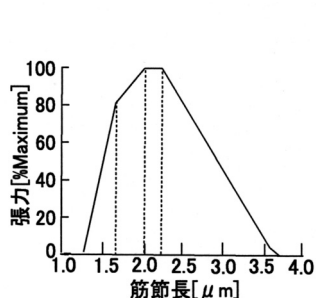


図1. 心筋細胞の長さ張力関係

図2. 興奮伝達時間(Activation Time)に対する心筋組織最大収縮力

図3. 左心室壁における応力分布

## エネルギー社会環境学講座 エネルギー情報学分野

<http://hydro.energy.kyoto-u.ac.jp/>

### 「エネルギー・環境教育のためのディベート型議論支援システムの開発」

近年、人類の持続可能な発展のために、地球規模でのエネルギー・環境問題が重要視されている。しかし、これらの問題の解決には、エネルギーや環境関連技術の研究開発だけでなく、エネルギー・環境教育による人々の意識向上が必須である。エネルギー・環境に関連する問題は様々な要因が複雑に絡み合っているため、その解決には、多角的視点、論理的思考、情報収集整理等の能力が必要となる。しかし、従来の講義型の授業でこれらの能力を醸成するのは難しい。そこで、論理的・批判的思考、情報収集整理、コミュニケーション、多角的視点等の能力の醸成方法として競技ディベートを用いた学習に着目し、将来エネルギー・環境分野での第一線の研究者となることが期待される京都大学大学院エネルギー科学研究科の学生を対象として、情報通信技術を用いて効果的に上記能力の醸成を目指すディベート学習支援システム（DEEV）を開発した。

DEEVは、(1) 学習者の論理的・批判的思考、情報収集整理、コミュニケーション、多角的視点等の能力を醸成できること、(2) 1回のディベートが授業時間内（大学院教育を想定して90分とする）に実施できること、(3) 論理的な議論を支援できること、(4) 多人数が同時に参加できること、(5) 教師が各学習者の議論内容を容易に評価できること、の実現を目標として開発してきた。具体的には、大学の授業に容易に導入できることを目指してWebベースのサーバー・クライアント構成とした。システムソフトウェアはサーバー側に導入し、学習者はインターネットに接続されたPCとWebブラウザがあればDEEVを利用することができる。DEEVでは、学習者が与えられた論題に対して、賛成側3人反対側3人の計6人が参加するが、基本的に一対一で議論を行うため、相手側3人と同時並行で議論を進めることになる。また、論理的な議論展開を支援するため、主張・証拠・論拠からなるツールミンモデルを用いている。図1にDEEVシステムによるディベート学習の概念図を、図2に立論入力画面例を示す。

DEEVは、平成15年から京都大学エネルギー科学研究科の授業科目である「エネルギー社会・環境科学通論I」「同II」「国際エネルギー論」等の大学院教育や高大連携科目にて利用することにより延べ500人以上の受講生にディベート教育を実施してきた。この間、毎年受講生にアンケート調査を行い、DEEVによる教育効果を検証するとともに、システムを改良してきた。今後は、議論した論題に関するブレインストーミング支援システムへと発展させ、さらに創造的思考力の醸成効果を目指したい。

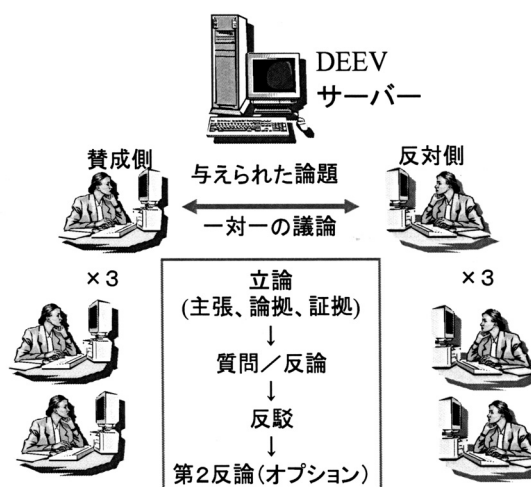


図1. DEEVシステムによる議論の概念

図2は、立論入力画面のインターフェースを示しています。画面の上部には「与えられた立場(主張)」とあり、その下に「立論入力」のセクションがあります。ここでは「主張」を入力する欄があり、例として「エアコンの温度は28℃以上に設定できないようにすべきである」に賛成する旨が示されています。また、「キーワード」を入力する欄があり、例として「Key Word1」と「Key Word2」が示されています。画面の下部には「立論（主張、論拠、証拠）」のセクションがあり、「証拠（データ）」を入力する欄があります。右側には「文字数チェック」ボタンと「確認画面」移動ボタンが配置されています。

図2. 立論入力画面インターフェース

## 応用熱科学講座 プロセスエネルギー学分野

<http://www.pe.energy.kyoto-u.ac.jp/>

### 「アルミ安定化大型超電導導体の過渡的安定性」

化石燃料に代わる将来のエネルギー源として期待されている核融合炉においては、一億度に近い超高温プラズマを閉じ込めておくために強い磁場を必要とし、超電導マグネットの利用が不可欠である。この超伝導マグネットの過渡的安定性は、導体の構成、熱的特性と過渡熱伝達によって決定されると考えられる。超伝導導体設計は、定常的な交流損失やある条件下でのモデルに基づいて行われるが、過渡的安定性は、特に大型導体の場合複雑となる導体構成や表面処理などに依存するために普遍的な評価手法は確立していない。たとえば、ヘリカル型核融合炉用LHD導体では、銅とアルミニウムを安定化材として複合し、定常的には十分な安定化を図っているが過渡的な不安定要因が観測されている。図1は先のLHD導体の断面図である。定常運転時にはこれに数十kAの電流を流すが、そのすべてがNbTi超電導部を流れている。しかし、何らかの原因で熱擾乱が与えられると、その電流はまわりのAlやCuに分流し過渡的な発熱を抑えようとする。この時、導体断面あるいは長手方向内での構成メンバーの電流拡散特性、ホール効果を考慮した過渡的な電流分布が、ジュール発熱分布、安定化材中の過渡熱伝導とシース表面冷却等に影響を及ぼし、結果として常伝導部伝搬速度など過渡的安定性に与えると考えられる。一般の、高磁場・大電流大型超伝導導体においても、この影響を評価することは有用である。

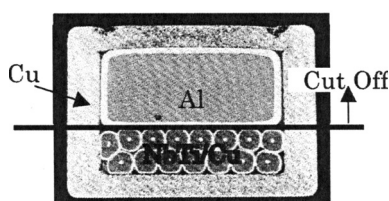


図1. LHD導体

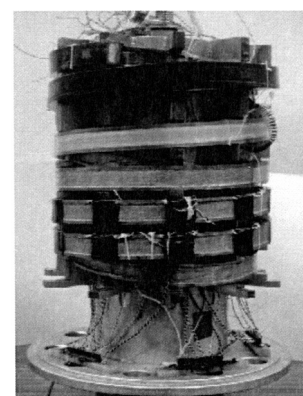


図2. テストコイル

本研究は、大型超電導マグネットにおける巻線の機械的不安定に起因する局所的擾乱に対する安定性評価基準を確立するため、コイル巻き線の局所的加熱による常電導転移が拡大伝播するか否かを指標として、超電導導体の冷却安定性の外部磁場（3～7 T）、ヘリウム温度（超流動He1.8K～常流動He4.2K）、およびヒータ入力に対する依存性を評価することを目的として、核融合科学研究所と共同で進めている。

例えば、LHD導体から安定化材であるAl部をカットしたテスト導体を作成（図1）し、これを用いた小型コイル（図2）で安定性試験を行い、本導体の試験結果と比較検討することで、その過渡的安定性への効果を検証した。その結果、常流動He冷却ではクエンチ電流値が半分以下に低下し、Al安定化材の効果が大きいことが示された。一方、超流動He冷却では超電導部が直接冷却される効果が大きく安定性を改善し、Alがないほうがクエンチ電流値はわずかながら高い結果となった。また、本導体で観測された、常伝導となった部分が導体長手方向の片側のみに伝搬していく現象（片側伝搬現象）は、AlとCuのホール係数の符号の違いにより大きな異方性となって現れると考えていたが、Alをとった場合でも片側伝搬現象は確認され導体内部の電磁現象を考える上での大きな知見となった。

またシミュレーション解析（図3）も併せて行い、導体内部の電流分布、発熱分布をモデル化してマクロ的な観測現象と導体内部の現象の整合性を検討している。これらから得られる知見は、将来の大型超電導導体の設計に役立つものと考えている。

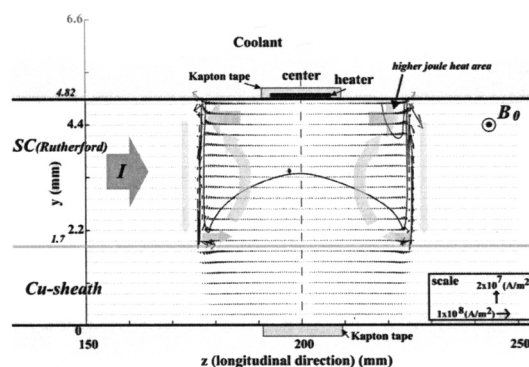


図3. 2次元安定性解析結果の例  
(ホール電流と発熱分布)



## エネルギー機能変換研究部門 複合系プラズマ研究分野（佐野研究室）

<http://www.center.iae.kyoto-u.ac.jp/sanok/index.html>

## 「ヘリオトロンJ装置におけるトロイダル電流の研究」

今、世界中では地球温暖化等の環境問題がさかんに取り上げられています。エネルギーは環境と密接に関わっており、環境に優しいエネルギーの構築が環境問題解決の一つとして考えられています。太陽のエネルギー源である核融合プラズマを使った発電は、環境に優しい未来のエネルギーとして期待され、その実現にむけて世界中で精力的に研究が進められています。その中で、私達の研究室では「先進ヘリカル装置におけるプラズマ閉じ込め磁場配位最適化」を理念として、ヘリオトロンJという装置を使ったプラズマ実験を行っています。ヘリオトロンJの特徴として、1つの螺旋形状のヘリカルコイルに電流を流して作られる磁場によってプラズマを閉じ込めること、プラズマは3次元的に捻られたトロイダル（ドーナツ）形状をしていること、が挙げられます（図1）。

トロイダルプラズマ中を流れるトロイダル電流の制御は高性能プラズマの実現に向けての重要な課題の一つです。ヘリオトロンJのようなヘリカル系装置ではプラズマ生成に際し、閉じ込め磁場を外部コイルのみで生成するため、トロイダル電流を必要としません。しかしながら、自発的なトロイダル電流も存在し、これがMHD平衡・安定性に影響を与えるため、結果としてプラズマパラメータが変化する可能性があります。したがって、電流機構を理解し、制御することは重要な問題です。ヘリオトロンJでは、図2 (a) に示すように数kAのトロイダル電流が実験的に観測されています。トロイダル電流にはプラズマの圧力勾配によって流れるBootstrap電流やプラズマ加熱の際に駆動される電子サイクロトロン電流駆動（Electron Cyclotron Current Drive, ECCD）等が挙げられます。

ヘリオトロンJ装置の磁場配位は多種多様に決定することができます。磁場配位は主にバンピネス、ヘリシティ、トロイディシティと呼ばれる磁場周期成分を持っています。トロイダル電流にはこれらの磁場配位の依存性が示唆されます。

図3にECCDのバンピネス依存性を示します。高バンピネス配位（●）では正の方向に流れ、中（▲）・低バンピネス（■）配位では負の方向に流れていることが分かります。ECCDの駆動には2つの効果があり、トロイダル方向への周回粒子によってもたらされるFisch-Boozer効果と捕捉粒子によってもたらされるOhkawa効果とがあります。両効果による駆動方向は相反するため、ECCDの駆動はそれらのバランスによって決まっていると言えます。正方向はOhkawa効果の方向を、負方向はFisch-Boozer効果の方向を示しています。バンピネスの違いによる駆動方向の違いは定性的に説明が可能であり、今後数値計算との比較を行ってさらに検証を進める予定です。今回の結果は、バンピネスがそれらのバランスを変え、ECCDの駆動を制御することが出来ることを示唆しています。このような実験結果のもと、例えばBootstrap電流とECCDを相反させて無電流プラズマをつくることに成功しています（図2 (b)）。

今後は、さらにトロイダル電流がプラズマに与える影響について調べる予定にしています。

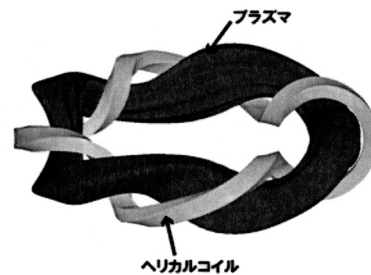


図1. ヘリオトロンJプラズマの鳥瞰図

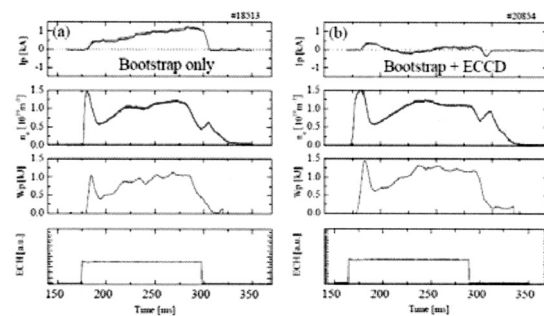


図2. トロイダル電流、電子密度、プラズマ蓄積エネルギーの時間発展

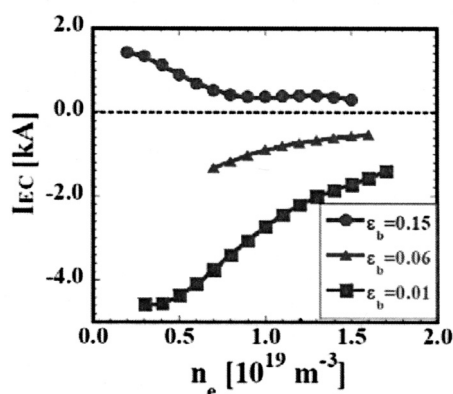


図3. ECCDのバンピネス依存性

情報学研究科 通信情報システム専攻 地球電波工学講座 地球大気計測分野  
 生存圏研究所 中核研究部 診断統御研究系 大気圏精測診断分野（津田研究室）  
[http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/tsuda\\_lab/](http://www.rish.kyoto-u.ac.jp/labs/tsuda_lab/)  
 「フィールド観測用小型ラマンライダーの開発」

当研究室では、レーダーをはじめとする地球大気の様々な領域や現象の光および電波リモートセンシングをおこなってきた。本稿では最近取り組んでいる小型可搬の水蒸気観測用ラマンライダーの開発について述べる。水蒸気は対流圏内で大きく変動し潜熱によるエネルギー輸送や降雨などの気象現象にかかる役割が大きいにもかかわらず、その遠隔観測法は十分に確立してないため、当研究室では電波や光を用いた水蒸気のリモートセンシングの開発に力を注いできた。

ライダー（レーザーレーダー）は、レーザー光を送信しターゲットで散乱される光を受信することでターゲットの情報を得るリモートセンシングである。大気中の分子やエアロゾル・雲粒子などを散乱体として大気の情報を得るものを大気ライダーという。自然光の吸収や放射を計測する受動的な光学観測と比較して、アクティブリモートセンシングであるライダーは、大気の情報観測点からの距離の関数として得られることが特徴であり、高い空間分解能で大気を観測できる。我々はアジア域最大の大気観測用レーダー「MUレーダー」のある信楽MU観測所に出力30W (Nd:YAGレーザーの第2高調波532nm, 600mJ, 50Hz)、受信口径82cmの大型レイリー/ラマン/ミーライダーを設置して、大気からのレイリー散乱、純回転ラマン散乱、水蒸気分子の振動ラマン散乱の各光を分光系と光電子増倍管（PMT）で受信し地上から高度90km付近までの温度や対流圏の水蒸気プロファイルを観測してきた。さらに水蒸気は地上付近の低高度に多く存在する上にその空間変動時間変動は大きいため、小型のラマンライダーを開発してフィールド観測への応用を目指した。0.6Wの小型Nd:YAGレーザーを用い、口径35cmの望遠鏡による「車載」移動可能なラマンライダーを開発し、昼夜24時間の高度300-400m付近までの水蒸気の観測と夜間に高度3-4kmまでの水蒸気をモニターできるシステムを開発した。高度範囲を限定してターゲットを絞ることで、微弱な水蒸気ラマン散乱光を効率的に受信するシステムを得ている。現在、情報通信研究機構の沖縄亜熱帯計測技術センター大宜味大気観測施設に設置し自動計測でアジアモンスーン域の水蒸気モニターを行なっている。一方、車でアクセスできないような森林内や火山の火口などでの水蒸気やエアロゾルの観測の要求も高く、GaAsPの高感度のPMTを用い、口径を20cmと小さくしてマンパワーで移動可能なシステムを開発した。火山から放出される水蒸気は噴気中の90%以上を占め、火山から大気へのエネルギー輸送の主役であり、また火山活動の指標ともなるにもかかわらず、周辺大気中の水蒸気との区別が難しいため計測が困難であった。開発したライダーは京都大学理学研究科地球熱学研究施設火山研究センターや北海道大学大学院理学研究科附属地震火山研究観測センターとの共同研究で阿蘇山中岳での観測での噴気内の水蒸気量が周囲の大気と比較して1.5～5 g/kg程度増加していることを水蒸気の距離分布が観測可能なライダーの特徴を活かして計測し、火口からの水蒸気のフラックスを求めることに成功した。今後種々の火山火口でのフィールド観測を行う他、森林圏と大気圏の相互作用が注目される森林内での観測も行なう予定である。



図1. 阿蘇山中岳での火山噴気の水蒸気ライダー観測の様子



## 宇宙電波工学講座 電波科学シミュレーション分野（大村研究室）

<http://www.kurasc.kyoto-u.ac.jp/plasma-group/labo-o.html>

## 「大振幅電磁波ビームの強度空間勾配による宇宙プラズマ擾乱に関する計算機実験」

将来のエネルギー問題・環境問題の解決策のひとつとして宇宙太陽発電所（SPS）が提案されている。SPSとは、静止軌道上で太陽電池パネルを用いて発電を行い、得られた電力をマイクロ波に変換し地球に送電するシステムである。SPSでは既存の衛星に比べ非常に大振幅の電磁波を地球に向かって放射することとなるため、その大振幅電磁波と宇宙プラズマの非線形相互作用が問題となると考えられる。そこで本研究では、それらの問題のうちのひとつである大振幅電磁波ビームの強度空間勾配によって発生するポンデロモータティブ力によって生じるプラズマの穴あき現象に着目し、計算機実験によりその現象メカニズムを解析し、SPSにおける発生レベルの調査を行った。

本研究では、電磁粒子コードを用いて計算機実験を行った。2次元シミュレーション空間の一端から一様なプラズマ中に電磁波を放射するモデルを用いてシミュレーションを行ったところ、電磁波ビーム伝搬領域のプラズマ密度が低下するプラズマの穴あき現象を確認することができた。さらにプラズマ流体理論を用いて、このプラズマの穴あき現象によって生じる密度変化についての理論解を導き出し、この理論解と計算機実験結果との比較を行った。それにより、プラズマの穴あき現象に関するいくつかのパラメータ依存性などの特性を明らかにし、さらに等温プラズマではイオン音波のランダウ減衰が原因となり、理論と計算機実験が異なる結果となることが明らかになった。

また理論解を用いてSPSでのプラズマの穴あき現象による密度変動量を試算すると、プラズマ温度1500K、密度 $10^{12}/\text{m}^3$ の等温プラズマで、マイクロ波の最大電力密度を $400\text{W}/\text{m}^2$ 、周波数を5.8GHzとした場合には密度変動量は初期密度の $2 \times 10^{-3}\%$ 程度となった。このようにSPSではプラズマの穴あき現象による密度変動量は非常に小さいものとなり、SPSではこの現象は問題とならないと考えられる。

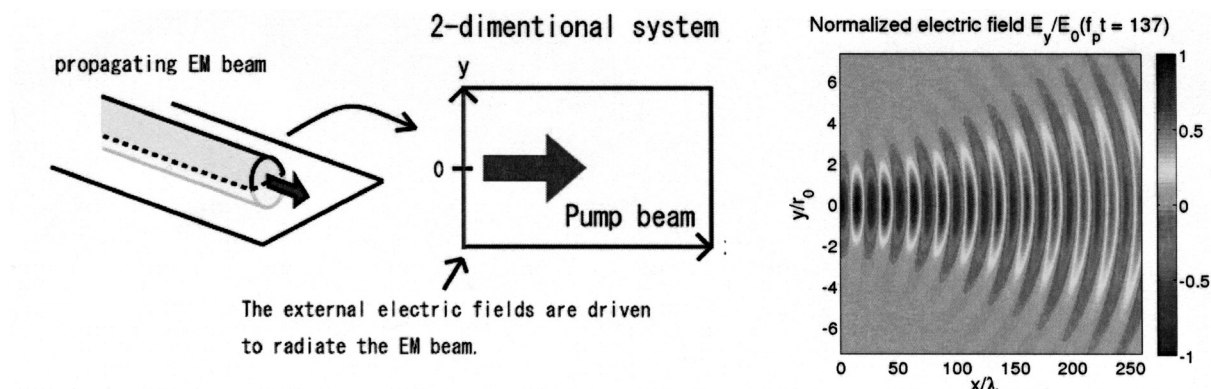


図1. 2次元計算機実験モデル（左図）と放射される電磁波ビームの電界（ $E_y$ ）の分布（右図）

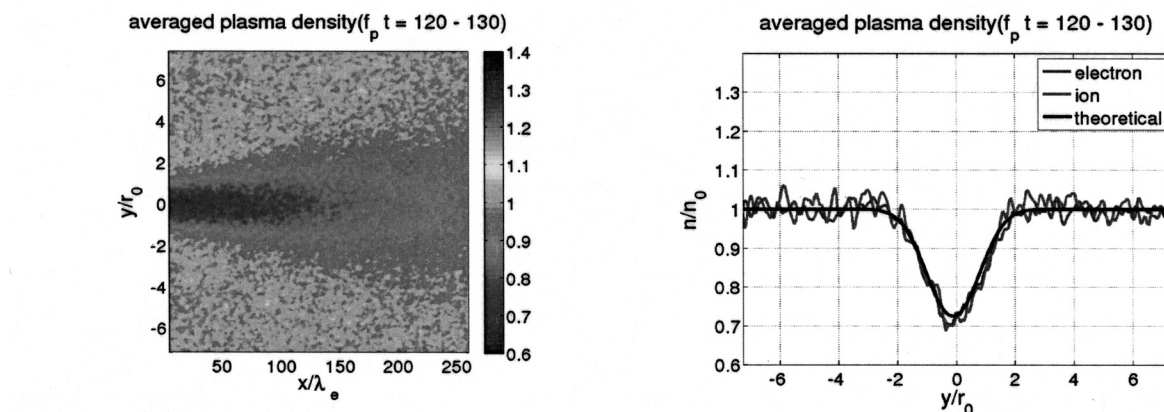


図2. 電子密度分布（左図）と $x=50\lambda_e$ 上でのプラズマ密度分布とその理論値（右図）



## 情報メディア工学講座 情報可視化分野（小山田研究室）

<http://www.viz.media.kyoto-u.ac.jp/>

## 「ボリュームコミュニケーション技術に関する研究」

本研究では、ボリュームコミュニケーション技術に基づく遠隔協調研究支援環境の構築を目標とする。ボリュームコミュニケーションとは、シミュレーション計算から生成される膨大な数値データ（以降ボリュームデータ）というメディアを使った情報交換のことであり、遠隔協調可視化環境は、テレビ会議システムに可視化システムを融合したものである。

シミュレーション技術は、特に横断型研究分野で見られる複雑高度化された問題を解決する糸口を与えるものとして期待がますます大きくなっている。横断型研究の例としては、地球規模の循環・環境変動の予測、次世代モノづくりの支援、効率的な創薬のプロセスの実現、そして個人毎に最適な薬剤や治療法を見出すテーラーメイド医療の実現などがある。これらを支援するシミュレーション技術は、高精度・高分解能化されていく傾向があり、結果としてそのボリュームデータは大規模化する。そこで、大規模ボリュームデータを共有し、物理的距離を越えて関連する複数の専門家による議論を行うことのできる遠隔協調研究支援環境が求められている。

本研究で対象とする可視化技術としては全体的な現象把握に向くボリュームレンダリングを考えるが、ボリュームデータの大規模化に対しては現在十分な技術が開発されていない。また、現在提案されている遠隔協調研究支援環境においては、高臨場感の追及が優先し、遠隔参加者全体を3次元データとして表現するために、スムーズなコミュニケーション実現の観点で有効であるとはいえない。

以上の問題を解決するために本研究で開発すべき要素技術としては、

- |        |                          |
|--------|--------------------------|
| 要素技術1. | 粒子ボリュームレンダリング技術          |
| 要素技術2. | 代理人表示装置による対面コミュニケーション技術  |
| 要素技術3. | ボリュームデータ向け直感的操作インタフェース技術 |

を考える。

要素技術1については、前回の研究紹介にて報告した[1]。要素技術2については、参加者がボリュームデータを取り囲んで議論を行う環境を仮想的に実現することを目標とする。本研究では、遠隔協調研究を支援するという目的から考えると参加者についての正面顔の表情と向きに関するデータを各サイトに転送することで十分であると考え。このため、各コミュニケーション地点において、ボリュームデータ・各参加者それぞれに対応した表示装置（ボリューム表示装置・代理人表示装置）を設置する。コミュニケーション参加者がどこを向いているかを実時間で取得し、それらを他地点での代理人表示装置の回転角度に反映させる。本研究で開発を行う対面コミュニケーション環境では、参加者が特別な機器を装着する必要がなく、グループ討論に集中できることが特徴である。

要素技術3については、指の動きも含めた手のジェスチャによるコミュニケーションの実現を目指す。データ内部の場所の指定だけならば3次元マウスの利用も選択肢のひとつとなるが、ボリュームコミュニケーションではある点を通る面を説明する状況が多く発生する。人体の動きを実時間で取得し、遠隔転送・表示する研究については国内外で研究事例[2]があるが、ボリュームデータ操作に手のジェスチャを取得する研究例は見当たらない。

本研究における学術的特色は、大規模ボリュームデータに対する遠隔協調研究支援環境構築についての方法論を提案する点であり、ボリュームコミュニケーションの場に、代理人表示装置を用いて実体化された研究者や直感的操作インタフェースを提示する枠組みは独創的なものである。図1に概念図を示す。



図1. 遠隔協調研究支援環境の概念図

## 参考文献

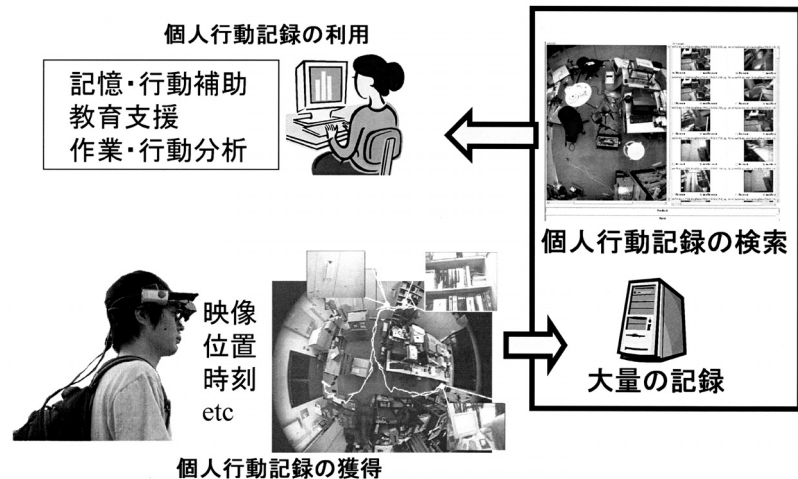
1. 小山田耕二, “粒子ボリュームレンダリング”, cue 第16号, 2006
2. W. Chen, H. Towles, L. S. Nyland, G. Welch, H. Fuchs, “Toward a compelling sensation of telepresence: demonstrating a portal to a distant (static) office,” IEEE Visualization 2000, pp.327-333.

## 情報メディア工学講座 複合メディア分野（中村（裕）研究室）

<http://www.ccm.media.kyoto-u.ac.jp/>

## 「ウェアラブル機器による個人行動蓄積と利用」

計算機の小型化や記憶装置の大容量化が進んだことにより、ウェアラブル（着る）コンピュータという概念が使われるようになって来ました。我々の研究室では、このようなコンピュータの一つの形として、身に着けた各種のセンサや映像を取得して、装着者の行動を長時間記録していく研究を行っています。このような記録は個人行動記録、あるいはライフログと呼ばれており、情報支援記憶の補助、訓練・教育、経験の共有などへの様々な応用が期待されています。



このような研究の一つのポイントは、大量に記録されるデータの要約、検索、提示と言った処理です。個人行動記録として蓄積されるデータには「いつ、どんなものを見ながら、何をしていたか」に関する有用な記録が多く含まれますが、記録が長時間かつ膨大なデータ量になるため、必要な情報に素早くアクセスすることが難しくなってきます。そこで、効率的な要約や検索を可能にする必要が出てきます。

我々のこれまでの研究では、装着者が何かに注目しようとした行動を検出し、そのシーンを使って長時間の記録を簡潔に要約したり、検索を容易にする手法を提案してきました。何かをしっかりと見ようとしている場面だけでも、記憶の良いインデックスになるということがわかってきています。また、屋内外の環境に備え付けられた広視野のカメラを併用することで、詳細な位置情報や装着者周辺の状況を同時に記録することで、「どこで、(どのような経路で)」と「周辺がどのような状況であったか」という情報を補う方法を提案してきました。これにより、記憶の補助だけでなく、経験の共有や訓練などにより使いやすい記録を得ることができます。

さらに、このような要約・構造化の処理を行なったとしても、記録量が膨大になるにつれ、さらに効率的に個人行動記録を検索することが必要になってきます。そのために、我々は個人行動記録が本来持つ性質を利用した検索手法を提案しています。記憶や記録をたどる最も有効な方法の一つは、強く関連する情報を芋づる式に引き出すことです。例えば、本棚と本、冷蔵庫とペットボトルといった対象は強い関連性を持っており、それは物理的環境や人間の行動からわかるはずです。そこで、大量のデータに対してこのような関連性の検出を行う手法を手がけています。また、何らかの指示を受けながら作業をするような場면을記録し、発話内容をインデックスとして自動的に付与することで、「なぜ」や「何が重要か」などの情報を補足することを試んでいます。

このような検索技術を用いて欲しい場面を素早く検索できるようにすることで、個人行動記録は簡単に扱えるメディアとなり、様々な場面で応用されていくものとなります。

## 参考文献

小泉敬寛, 中村裕一, “隣接性に基づく個人行動記録の構造化類似検索”, 情報科学技術フォーラム (FIT2006), LI-010, pp.197-200, 2006年